

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-239645

(43)Date of publication of application : 11.09.1998

---

(51)Int.Cl. G02F 1/01  
G02F 1/19

---

(21)Application number : 09-041774 (71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH  
CORP <NTT>

(22)Date of filing : 26.02.1997 (72)Inventor : EBISAWA FUMIHIRO  
SUKEGAWA TAKESHI  
YOSHIDA TAKUJI  
ARISHIMA KOICHI  
SAKAGUCHI SHIGEKI  
OKAMOTO KATSUNARI  
HOSHINO MITSUTOSHI

---

## (54) VARIABLE WAVELENGTH GRATING WAVEGUIDE

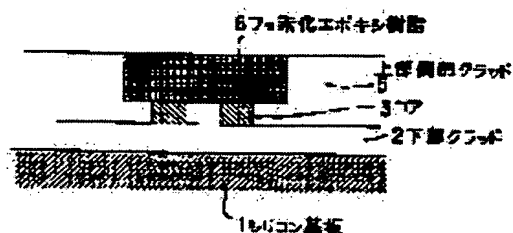
(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To vary the grating wavelength by utilizing refractive index variation by arranging a filler in a groove formed in the upper part of the core of an optical waveguide and thus forming an upper clad.

SOLUTION: The groove which is deep up to right above the core 3 is ground in two arm waveguides by reactive ion etching and this groove is filled with a fluorinated epoxy resin 6 containing a self-hold type photochromic material whose refractive index is adjusted. Further, a driving device for a small-sized xenon flash lamp is prepared to irradiate the fluorinated epoxy resin 6 with pulses of ultraviolet rays and visible light. Then the flash

light of the ultraviolet rays or visible light is blinked at fixed blinking frequency.

Consequently, arbitrary branch wavelength can be varied and the waveguide can hold the selected wavelength by itself without any electric power.



---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\*-NOTICES \***

**JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] Wavelength adjustable grating waveguide characterized by arranging a filler on the slot formed in the upper part of the core of this optical waveguide in the optical waveguide which has the core of the quartz system formed on the flat-surface substrate, and clad structure and, by which the grating is formed in a part of core, and considering as an up clad.

[Claim 2] Wavelength adjustable grating waveguide characterized by being the organic compound with which this filler contains the refractive-index self-hold mold photochromic compound which fixes [ adjustable and ] a refractive index in claim 1.

[Claim 3] Wavelength adjustable grating waveguide characterized by considering as the structure of arranging a heater on the upper part of this organic compound, in claim 1, using an organic compound as this filler.

[Claim 4] Wavelength adjustable grating waveguide characterized by arranging a filler on the slot formed in the optical waveguide which has the core of the quartz system formed on the flat-surface substrate, and clad structure and, by which the grating is formed in a part of core so that the upper part and the flank of a core of this optical waveguide might be exposed, and considering as an up flank clad.

[Claim 5] Wavelength adjustable grating waveguide characterized by being the organic compound with which this filler contains the refractive-index self-hold mold photochromic compound which fixes [ adjustable and ] a refractive index in claim 4.

[Claim 6] Wavelength adjustable grating waveguide characterized by considering as the structure of arranging a heater on the upper part of this organic compound, in claim 4, using an organic compound as this filler.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the grating waveguide which can carry out adjustable [ of the wavelength used in the optoelectronics field and the optical-communication field ].

[0002]

[Description of the Prior Art] Sorting of the specific wavelength of the light multiplexed in the light wave length division multiplex (WDM) transmission technique becomes important. In this light wave length division multiplex, the quartz system optical waveguide in which the grating was formed for wavelength sorting serves as a component of an important key device. Since this waveguide uses the quartz system ingredient, it has the property excellent in the Takayasu quality, a low propagation loss, etc.

[0003] If this waveguide is used, a wavelength filter with small and easy structure, a resonator, a selection wavelength branching insertion circuit, etc. are producible. for example, in the selection wavelength branching insertion circuit, it consists of Mach TSUENDA interference circuits with the equivalent two arm grating waveguide inserted with two 3dB couplers, and has the engine performance with the easy configuration (the collection of the Institute of Electronics and Communication Engineers 9th optical fiber application [ besides Naoto Uetsuka ] technical research meeting lecture drafts, and a plaza -- \*\*\*\* -- Okinawa and 1996).

[0004] Since that wavelength is determined for this selection wavelength branching insertion circuit by formation of

the grating at the time of component production according to Uetsuka's and others report, selection wavelength is fixed.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The purpose of this invention is in quartz system grating optical waveguide to offer the wavelength adjustable grating waveguide which enabled it to change grating wavelength by carrying out adjustable [ of the effective refractive index of grating waveguide ] using the refractive index change by the photochemical reaction or thermooptic effect of the charge of a clad plate.

[0006]

[Means for Solving the Problem] This invention is characterized [ main ] by using the macromolecule which includes contiguity in the 1st page of a core, or the 3rd page, and includes organic polymeric materials or a self-hold mold phot chromics material in the touching part as a clad in the core of the quartz system formed on the substrate, and the grating optical waveguide of a perfect embedding mold which has clad structure.

[0007] All consist of quartz glass and the quartz system grating waveguide of a Prior art had the fault that the effective refractive index of waveguide was uncontrollable. Consequently, it was not able to carry out adjustable [ of the grating wavelength ] to arbitration. The point which enabled it to control grating wavelength by changing the upper part of quartz glass or a part of up flank clad into the organic macromolecule containing an organic macromolecule or a self-hold mold phot chromics material, and changing the refractive index of these macromolecules differs from the conventional technique.

[0008] [Function] -- generally grating wavelength  $\lambda_{\text{grating}}$  is expressed with a degree type.

$\lambda_{\text{grating}} = 2 \times \text{Neff} \times \lambda$  -- (1)

Here, Neff is the effective refractive index of waveguide and  $\lambda$  is the pitch of a grating. In the quartz system grating waveguide produced by the Prior art, an effective refractive index Neff and a pitch  $\lambda$  are unchangeable.

[0009] With a certain means, if an effective refractive index Neff and a pitch  $\lambda$  are changeable, grating wavelength  $\lambda_{\text{grating}}$  can be changed. Here, we decided to carry out adjustable [ of the grating wavelength  $\lambda_{\text{grating}}$  ] by changing the effective refractive index of grating optical waveguide.

[0010] An effective refractive index is changeable by making it change, as single mode guided wave conditions are maintained for the refractive index of the clad which constitutes waveguide. If a part of quartz clad is transposed to a giant molecule and the refractive index of this giant molecule is changed, it comes to be able to carry out adjustable [ of the grating wavelength ]. Although the refractive index of a macromolecule was changeable by various effectiveness, such as the electro-optical effect, the refractive-index change by the phot clo MIKKU photochemical reaction of a macromolecule and the temperature change of a macromolecule was used here.

[0011] Therefore, wavelength adjustable grating waveguide is realizable by irradiating ultraviolet rays and a visible ray by using the macromolecule containing giving this a temperature change or a phot chromics material as a clad, using a macromolecule as a clad.

[0012]

[Embodiment of the Invention]

[Example 1] The first example of this invention is shown in drawing 1 -3. This example is an example applied to the wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit, and is the structure which sandwiched the two wavelength adjustable grating arm waveguide 12 with two 3dB couplers 9.

[0013] The plan in which drawing 1 shows the structure of this circuit, the sectional view according [ drawing 2 ] to vertical profile line II-II to the arm waveguide 12, and drawing 3 are the sectional views by profile line III-III parallel to the one arm waveguide 12.

[0014] For an incidence port and 9, as for an outgoing radiation port and 11, 3dB coupler and 10 are [ the fluorination epoxy resin with which the grating for which a lower clad and 3 used the core for and, as for one, 4 used the refractive index difference, as for a silicon substrate and 2, and 5 contained the up flank clad among drawing, and 6 contained the self-hold mold phot chromics material 10% and 7 / an incidence port and 8 / an outgoing radiation port and 12 ] grating arm waveguides.

[0015] As a self-hold mold phot chromics material, although there were a fulgide mold photochromic compound and a diaryl ethene system photochromic compound, 1 and 2 bis(2 methyl (benzob) thiophene 3 IRU) perfluoro cycloalkene (English name: 1, 2-Bis[2-Methylbenzo[b] thiophen-3-yl] perfluorocycloalkene) which are the latter typical compound

here were used.

[0016] The produced wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit operates in a 1.55-micrometer wavelength band, and is 10mm in 0.75% of relative index differences of core diameter 6.5micrometerx6.5micrometer, a core, and a clad, and die length of arm waveguide. A pitch is excimer laser (wavelength of 248nm) about the grating whose refractive-index difference is 0.53 micrometers in 0.001 at this arm waveguide. It produced.

[0017] Spacing of the arm waveguide 12 was 100 micrometers, and the depth deleted the slot of the depth to right above [ of a core 3 ] by reactant ion ETCHIINGU by width of face of 200 micrometers, and die length of 8mm on this two arm waveguide 12, and it was filled up with the fluorination epoxy resin 6 which contained the self-hold mold phot chromics material which adjusted the refractive index to this slot 1.444 10%.

[0018] For operating the produced wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit, incidence of the laser light with which  $n$  waves of wavelength  $\lambda_{dan}$  was multiplexed by the incidence port 7 from wavelength  $\lambda_{da}$  1 in the 1.55-micrometer wavelength range is carried out. Then, the wavelength  $\lambda_{da}$  1 equivalent to grating wavelength  $\lambda_{dag}$  can be taken out from a port 8, and wavelength  $\lambda_{da}$  1 can be branched. The remaining wavelength multiplexing light  $\lambda_{da}$  2 by which the signal of  $\lambda_{da}$  1 was removed -  $\lambda_{dan}$  can be taken out from a port 11.

[0019] Moreover, if incidence of the light of  $\lambda_{da}$  1 removed from the port 10 is carried out, in a port 11, the wavelength multiple signal of  $\lambda_{da}$  1 which added  $\lambda_{da}$  1 to  $\lambda_{da}$  2 -  $\lambda_{dan}$  -  $\lambda_{dan}$  can be taken out. Thus, since branching and insertion can do wavelength equivalent to the Bragg wavelength alternatively, the signal of the wavelength decided from the wavelength multiplexing lightwave signal under fiber transmission can be taken out, or it can add. The 3dB band of grating waveguide was 0.3nm, and both the transparency and return loss of grating wavelength  $\lambda_{dag}$  were 20dB or more.

[0020] It performed adjustable [ of grating wavelength  $\lambda_{dag}$  ] as follows. The small xenon flash tube with a diameter [ of about 1mm ] and a die length of 10mm has been arranged in parallel with 2 arm waveguide 12 right above [ of both the arm waveguide 12 ]. One of this lamp equips with an ultraviolet-rays cut-off filter, and it has already equipped - book with the visible cut-off filter. The wavelength of each cut-off filter was set as 500nm.

[0021] The driving gear of a small xenon flash tube is prepared, and it enabled it to irradiate the fluorination epoxy resin 6 which contained the self-hold mold phot chromics material which filled up the arm waveguide upper part with the pulse of ultraviolet rays and a visible ray 10%.

[0022] Incidence of the six-wave multiple signal from 1.5505 micrometers to 1.553 micrometers was carried out from the port 7 at intervals of [ of 0.5nm ] wavelength. At this time, light with a wavelength of 1.5505 micrometers was observed from the port 8, and the lightwave signal with a wavelength of 1.551-1.553 micrometers was observed from the port 11. When the driving gear of the small xenon flash tube which equipped with the visible cut-off filter here was turned on and ultraviolet-rays flash plate light was blinked 5 times, 1.551-micrometer light was observed by the port 8 instead of light with a wavelength of 1.5505 micrometers, and the wavelength multiple-signal light from which the light of wavelength with a wavelength of 1.551 micrometers escaped was observed by coincidence from the port 11.

[0023] And self-hold stabilization of the condition was carried out. The count of flashing of ultraviolet-rays flash plate light was able to be increased, and sequential change of the branching wavelength of a port 8 was able to be carried out to 1.53 micrometers. On every wavelength, the selection wavelength was maintained and prolonged self-hold stability was maintained.

[0024] In order to shorten branching wavelength conversely, when it turned on the driving gear of the small xenon flash tube equipped with an ultraviolet cut-off filter and a visible flash plate light was blinked twice shortly, 1.5525-micrometer light was observed by the port 8 instead of light with a wavelength of 1.553 micrometers, and the wavelength multiple-signal light from which the light of wavelength with a wavelength of 1.5525 micrometers escaped was observed by coincidence from the port 11. Branching wavelength moved to short wavelength one by one by increasing the count of flashing of a visible flash plate light, and, finally the branching wavelength of 1.5505 micrometers was observed. There was long-term self-hold stability similarly on this branching wavelength.

[0025] Thus, adjustable [ of the branching wavelength of arbitration ] could be carried out because only the fixed count of flashing blinks the flash plate light of ultraviolet rays or a visible ray, and self-hold of the selection wavelength was able to be carried out with non-power. The above thing was the thing same also about the insertion

wavelength which carries out incidence from a port 10 as branching wavelength and coincidence.

[0026] As mentioned above, it not only carries out adjustable, but compared with the conventional selection wavelength branching insertion circuit, it can stabilize the selection wavelength now with non-power using self-hold nature. Since this circuit uses grating waveguide for coincidence, it has the description of being simpler than the wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit which used the conventional array waveguide grid, and small.

[0027] [Example 2] The second example of this invention is shown in drawing 4 -6. This example is an example applied to the wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit, and is the structure which sandwiched the two wavelength adjustable grating arm waveguide 12 with two 3dB couplers 9.

[0028] The plan in which drawing 4 shows the structure of this circuit, the sectional view according [ drawing 5 ] to vertical profile line V-V to the arm waveguide 12, and drawing 6 are the sectional views by profile line VI-VI parallel to the one arm waveguide 12.

[0029] the inside of drawing, the grating for which in a silicon substrate and 2 a lower clad and 3 used the core for and 4 used [ one ] the refractive-index difference, and 5 -- an up flank clad and 7 -- an incidence port and 8 -- for an outgoing radiation port and 11, as for grating arm waveguide and 13, an outgoing radiation port and 12 are [ an incidence port and 9 / 3dB coupler and 10 / a fluorination epoxy resin and 14 ] the heaters of chromium / golden vacuum evaporation.

[0030] Since change of the refractive index by heating of a heater 14 becomes large with the adjustment of the refractive index so that the temperature coefficient is large, the resin with which a slot is filled up is desirable. Although the temperature coefficient of the refractive index of the fluorination epoxy resin 13 was  $-3 \times 10^{-4}$ , resin with the temperature coefficient of the refractive index more than this and an EQC was also usable.

[0031] For example, they are rubber-like EVA resin ( $-3.3 \times 10^{-4}$ ), siloxane gel ( $-3.5 \times 10^{-4}$ ), polyolefine system polyol ( $-7 \times 10^{-4}$ ), etc. The produced wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit operates in a 1.55-micrometer wavelength band, and 0.75% of relative index differences of core diameter 6.5micrometerx6.5micrometer, a core, and a clad and the die length of the arm waveguide 12 are 10mm. The refractive-index difference produced the grating whose pitch is 0.53 micrometers by excimer laser (wavelength of 248nm) by 0.001 to this arm waveguide 12.

[0032] Spacing of the arm waveguide 12 was 100 micrometers, and on this two arm waveguide 12, the depth deleted the slot of the depth to right above [ core ] by reactant ion ETCHING by width of face of 200 micrometers, and die length of 8mm, and it was filled up with the fluorination epoxy resin 13 which adjusted the refractive index to this slot 1.444. Actuation of the produced wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit is as having been shown in the example 1.

[0033] Both the transparency and return loss of grating wavelength  $\lambda$  of the 3dB band of grating waveguide were 20dB or more in 0.3nm. Heating of the heater 14 installed on resin 13 performed adjustable [ of grating wavelength  $\lambda$  ]. Whenever [ stoving temperature / of a heater 14 ] was measured with the thermocouple placed on the heater 14. Incidence of the six-wave multiple signal from 1.5505 micrometers to 1.553 micrometers was carried out from the port 7 at intervals of [ of 0.5nm ] wavelength. At this time, from the port 8, outgoing radiation of the light with a wavelength of 1.5505 micrometers was carried out, and the lightwave signal with a wavelength of 1.551-1.553 micrometers was observed from the port 11.

[0034] When the heater 14 was turned on here and temperature was raised from 20 degrees C to 35 degrees C, instead of light with a wavelength of 1.5505 micrometers, outgoing radiation of the 1.551-micrometer light was carried out to the port 8, and the wavelength multiplexing light which lacked the light of wavelength with a wavelength of 1.551 micrometers was observed by coincidence from the port 11. When incidence of the 1.551-micrometer light was carried out from the port 10, the wavelength multiple signal with which 1.551-micrometer light was added was observed by the port 11. Furthermore temperature was raised, branching wavelength became 1.553 micrometers in the place which became 60 degrees C, and outgoing radiation of the 1.553-micrometer light was carried out to the port 8.

[0035] The observation of (degree C) and branching wavelength was shown in drawing 7 whenever [ stoving temperature / of a heater 14 ]. Although branching wavelength is kept constant, it is necessary to pass a current, and it is necessary to keep temperature constant by the approach using this heater 14. An average change rate is less

than one ms, and is suitable for the change of branching wavelength, or sweep actuation of branching wavelength at high speed. As mentioned above, compared with the conventional selection wavelength branching insertion circuit, it is simple, and is small, and the branching wavelength change of the high speed of one or less ms was completed.

[0036] [Example 3] The third example of this invention is shown in drawing 8 - drawing 10 . This example is an example applied to the wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit, and is the structure which sandwiched the two wavelength adjustable grating arm waveguide 12 with two 3dB couplers 9.

[0037] The plan in which drawing 8 shows the structure of this circuit, the sectional view according [ drawing 9 ] to vertical profile line IX-IX to the arm waveguide 12, and drawing 10 are the sectional views by profile line X-X parallel to the one arm waveguide 12.

[0038] As for the fluorination epoxy resin with which a core and 5 contained the up flank clad and, as for a silicon substrate and 2, 6 contained the self-hold mold phot chromics material for one 10%, as for a lower clad and 3, and 7, an incidence port and 8 are an incidence port and the grating to which in 3dB coupler and 10 an outgoing radiation port and 12 were produced by grating arm waveguide, and an outgoing radiation port and 11 produced [ 9 ] 15 by ETCHIINGU of a core among drawing.

[0039] As a self-hold mold phot chromics material, although there were a fulgide mold photochromic compound and a diaryl ethene system photochromic compound, the latter typical compound 1 and 2 bis(2 methyl (benzob) thiophene 3 IRU) perfluoro cycloalkene (English name: 1, 2-Bis[2-Methylbenzo[b] thiophen-3-yl] perfluorocycloalkene) were used here.

[0040] The produced wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit operates in a 1.55-micrometer wavelength band, and is 1mm in 1.0% of relative index differences of core diameter 4micrometerx3micrometer, a core, and a clad, and die length of the arm waveguide 12. Once deleting the up clad of a circuit to the upper part of a core 3 by reactant ion ETCHIINGU, interference exposure of the resist was carried out and the physical grating 15 whose pitch is 0.5 micrometers in reactant ion ETCHIINGU was formed in the arm waveguide part. It left this grating part and the up clad was re-produced. Next, the grating part which it left was filled up with the fluorination epoxy resin 6 which contained the phot chromics material 10%.

[0041] Actuation of the produced wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit is as having been shown in the example 1. Both the transparency and return loss of grating wavelength  $\lambda_{\text{d}}$  of the 3dB band of grating waveguide were 20dB or more in 0.3nm.

[0042] Adjustable [ of grating wavelength  $\lambda_{\text{d}}$  ] has arranged the small xenon flash tube with a diameter [ of about 1mm ], and a die length of 15mm in parallel with 2 arm waveguide 12 right above [ of both the arm waveguide 12 ] like an example 1, blinked this, and it performed it. Incidence of the six-wave multiple signal from 1.5505 micrometers to 1.53 micrometers was carried out from the port 7 at intervals of [ of 0.5nm ] wavelength. At this time, light with a wavelength of 1.5505 micrometers was observed from the port 8, and the lightwave signal with a wavelength of 1.551-1.553 micrometers was observed from the port 11.

[0043] When the driving gear of the small xenon flash tube which equipped with the visible cut-off filter here was turned on and ultraviolet-rays flash plate light was blinked 4 times, 1.551-micrometer light was observed by the port 8 instead of light with a wavelength of 1.505 micrometers, and the wavelength multiplexing light from which the light of wavelength with a wavelength of 1.551 micrometers escaped was observed by coincidence from the port 11. And self-hold stabilization of the condition was carried out with non-power. Continuously, in order to change branching and insertion wavelength, the count of flashing of ultraviolet-rays flash plate light was able to be increased, and the branching wavelength from a port 8 was able to be changed to 1.553 micrometers one by one. Also on each wavelength, the condition was maintained and prolonged self-hold stability was checked.

[0044] In order to shift branching wavelength to short wavelength conversely, when it turned on the driving gear of the small xenon flash tube equipped with an ultraviolet cut-off filter and a visible flash plate light was blinked twice shortly, 1.5525-micrometer branching light was observed by the port 8 instead of light with a wavelength of 1.553 micrometers, and the wavelength multiplexing light from which the light of wavelength with a wavelength of 1.5525 micrometers escaped was observed by coincidence from the port 11. Branching wavelength moved to short wavelength one by one by increasing the count of flashing of a visible flash plate light, and, finally outgoing radiation of the branching wavelength of 1.5505 micrometers was carried out.

[0045] Thus, adjustable [ of the branching wavelength of arbitration ] could be carried out because only the fixed

count of flashing blinks the flash plate light of ultraviolet rays or a visible ray, and self-hold of the wavelength was able to be carried out with non-power. As mentioned above, it not only carries out adjustable, but compared with the conventional selection wavelength branching insertion circuit, it can stabilize the selection wavelength now with non-power using self-hold nature. Since this circuit uses grating waveguide for coincidence, it has the description of being simpler than the wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit which used the conventional array waveguide grid, and small.

[0046] [Example 4] The fourth example of this invention is shown in drawing 11 - drawing 13 . This example is an example applied to the wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit, and is the structure which sandwiched the two wavelength adjustable grating arm waveguide 12 with two 3dB couplers 9.

[0047] The plan in which drawing 11 shows the structure of this circuit, the sectional view according [ drawing 12 ] to vertical profile line XII-XII to the arm waveguide 12, and drawing 13 are the sectional views by profile line XIII-XIII parallel to the one arm waveguide 12.

[0048] the inside of drawing, and 1 -- a silicon substrate and 2 -- for an up flank clad and 7, as for an incidence port and 9, an incidence port and 8 are [ a lower clad and 3 / a core and 5 / 3dB coupler and 10 ] an outgoing radiation port and the grating to which in an outgoing radiation port and 12 a fluorination epoxy resin and 14 were produced at the heater of chromium / golden vacuum evaporatio, and grating arm waveguide and 13 produced [ 11 ] 15 by ETCHIINGU of a core.

[0049] This structure operates by the same principle as what was shown in the example 2, and a different point is the structure of the grating arm waveguide 12. Although the grating was formed now using the phenomenon in which the refractive index of quartz glass becomes large slightly by UV irradiation, in the example 2, the physical grating 15 is formed in a direct core by ETCHIINGU in this example. Since change of the refractive index by heating of a heater 14 becomes large with the adjustment of the refractive index so that the temperature coefficient is large, the resin with which a slot is filled up is desirable.

[0050] Although the temperature coefficient of the refractive index of the fluorination epoxy resin 13 was  $-3 \times 10^{-4}$ , resin with the temperature coefficient of the refractive index more than this and an EQC was also usable. For example, they are rubber-like EVA resin ( $-3.3 \times 10^{-4}$ ), siloxane gel ( $-3.5 \times 10^{-4}$ ), polyolefine system polyol ( $-7 \times 10^{-4}$ ), etc.

[0051] The produced wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit operates in a 1.55-micrometer wavelength band, and 0.75% of relative index differences of core diameter 6.5micrometerx6.5micrometer, a core, and a clad and the die length of the arm waveguide 12 are 10mm.

[0052] Once deleting the up clad of a circuit to the core right above section by reactant ion ETCHIINGU, interference exposure of the resist was carried out and Bitsch formed the 0.5-micrometer physical grating in the arm waveguide part by reactant ion ETCHIINGU. It left this grating part and the up clad was re-produced. At this time, the metal mask was put on the arm waveguide upper part, the partial slot was formed, and it was filled up with the fluorination epoxy resin 13 which adjusted the refractive index here.

[0053] Actuation of the produced wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit is as having been shown in the example 1. Both the transparency and return loss of grating wavelength  $\lambda_{\text{grating}}$  of the 3dB band of grating waveguide were 20dB or more in 0.3nm. Heating of the heater 14 installed on resin performed adjustable [ of grating wavelength  $\lambda_{\text{grating}}$  ]. Whenever [ stoving temperature / of a heater 14 ] was measured with the thermocouple placed on the heater 14. Incidence of the 6 Namita [ Shigenobu ] number from 1.5505 micrometers to 1.53 micrometers was carried out from the port 7 at intervals of [ of 0.5nm ] wavelength.

[0054] At this time, light with a wavelength of 1.5505 micrometers was observed from the port 8, and the lightwave signal with a wavelength of 1.551-1.553 micrometers was observed from the port 11. When the heater 14 was turned on here and temperature was raised from 20 degrees C to 40 degrees C, 1.551-micrometer light was observed by the port 8 instead of light with a wavelength of 1.5505 micrometers, and the wavelength multiplexing light which lacked the light of wavelength with a wavelength of 1.551 micrometers was observed by coincidence from the port 11.

[0055] When the port 10 was made to carry out incidence of the lightwave signal with a wavelength of 1.551 micrometers at this temperature, from the port 11, the wavelength multiple signal with which this 1.551-micrometer signal was added was observed. Sequential part Kiwa length carried out by shifting to long wavelength as temperature was furthermore raised. Branching wavelength became 1.553 micrometers in the place which became 70 degrees C.



[0056] Although the current needed to be passed although branching wavelength is kept constant, and temperature needed to be made regularly by the approach using this heater 14, an average change rate is less than one ms, and was suitable for the change of branching wavelength, or sweep actuation of branching wavelength at high speed. As mentioned above, compared with the conventional selection wavelength branching insertion circuit, it is simple, and is small, and the branching wavelength change of the high speed of one or less ms was completed.

[0057] [Example 5] The fifth example of this invention is shown in drawing 14 · drawing 15 . This example is an example applied to the wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit, and is the structure which sandwiched the two wavelength adjustable grating arm waveguide 12 with two 3dB couplers 9.

[0058] The plan in which drawing 14 shows the structure of this circuit, and drawing 15 are the sectional views according to vertical profile line XV-XV to the arm waveguide 12.

[0059] For an incidence port and 9, as for an outgoing radiation port and 11, 3dB coupler and 10 are [ the fluorination epoxy resin with which a core and 5 contained the up flank clad and, as for a silicon substrate and 2, 6 contained the self-hold mold phot chromics material for one 10%, as for a lower clad and 3, and 7 / an incidence port and 8 / an outgoing radiation port and 12 ] grating arm waveguides among drawing.

[0060] As a self-hold mold phot chromics material, although there were a fulgide mold photochromic compound and a diaryl ethene system photochromic compound, the latter typical compound 1 and 2 bis(2 methyl (benzob) thiophene 3 IRU) perfluoro cycloalkene (English name: 1, 2-Bis[2-Methylbenzo[b] thiophen-3-yl] perfluorocycloalkene) were used here.

[0061] Although the produced wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit operates in a 1.55-micrometer wavelength band and is the same as 0.75% of relative index differences of a clad, and die length of 10mm of the arm waveguide 12 and an example 1, the cross-section structures differ. [ core diameter 6.5micrometerx6.5micrometer, a core, and ] Since it becomes the refractive-index adjustable structure of not only an up clad but a flank clad, this structure has the description that an adjustable rate becomes large only compared with the up clad of an example 1. When forming the up flank clad 5 of this circuit, the slot of this arm waveguide 12 puts a metal mask on the part used as a slot, makes a glass soot deposit, and it can be formed by vitrifying.

[0062] The refractive-index difference produced the grating whose pitch is 0.53 micrometers by 0.001 to this arm waveguide 12 with 2 flux-of-light interference method using excimer laser (wavelength of 248nm). Spacing of the arm waveguide 12 is 100 micrometers. It was filled up with the fluorination epoxy resin 6 which contained the self-hold mold phot chromics material which adjusted the refractive index to this slot 10%. Actuation of the produced wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit is as having been shown in the example 1. Both the transparency and return loss of grating wavelength  $\lambda_{\text{dag}}$  of the 3dB band of grating waveguide were 20dB or more in 0.3nm.

[0063] It performed adjustable [ of grating wavelength  $\lambda_{\text{dag}}$  ] as follows. The small xenon flash tube with a diameter [ of about 1mm ] and a die length of 15mm has been arranged in parallel with 2 arm waveguide 12 right above [ both arm waveguide ]. One of this lamp equips with an ultraviolet-rays cut-off filter, and it has equipped one more with the visible cut-off filter.

[0064] The wavelength of each cut-off filter was set as 500nm. The driving gear of a small xenon flash tube is prepared, and it enabled it to irradiate the fluorination epoxy resin 6 which contained the self-hold mold phot chromics material which filled up the arm waveguide upper part with the pulse of ultraviolet rays and a visible ray 10%.

[0065] Incidence of the 10 Namita [ Shigenobu ] number from 1.5505 micrometers to 1.555 micrometers was carried out from the port 7 at intervals of [ of 0.5nm ] wavelength. At this time, light with a wavelength of 1.5505 micrometers was observed from the port 8, and the lightwave signal with a wavelength of 1.551-1.555 micrometers was observed from the port 11. When the driving gear of the small xenon flash tube which equipped with the visible cut-off filter here was turned on and ultraviolet-rays flash plate light was blinked 4 times, 1.551-micrometer light was observed by the port 8 instead of light with a wavelength of 1.5505 micrometers, and the wavelength multiplexing light from which the light of wavelength with a wavelength of 1.551 micrometers escaped was observed by coincidence from the port 11. When incidence of the 1.51-micrometer light was carried out from the port 10, the wavelength multiple signal with which this 1.551-micrometer signal was added was observed by the port 11.

[0066] This branching and insertion wavelength were held with non-power. The count of flashing of ultraviolet-rays

flash plate light was able to be increased further, and the branching wavelength from a port 8 was able to be changed to 1.555 micrometers one by one. Branching and insertion wavelength were maintained on each wavelength, and prolonged self-hold stability was maintained.

[0067] Shortly, in order to make branching wavelength into short wavelength conversely, the driving gear of the small xenon flash tube equipped with an ultraviolet cut-off filter was turned on, and a visible flash plate light was blinked twice. 1.5545-micrometer light was observed by the port 8 instead of light with a wavelength of 1.555 micrometers, and the wavelength multiplexing light from which the light of wavelength with a wavelength of 1.5545 micrometers escaped was observed by coincidence from the port 11. Branching wavelength moved to short wavelength one by one by increasing the count of flashing of a visible flash plate light, and, finally the branching wavelength of 1.5505 micrometers was observed. Self-hold stability prolonged on each branching wavelength was accepted.

[0068] Thus, adjustable [ of the branching wavelength of arbitration ] could be carried out because only the fixed count of flashing blinks the flash plate light of ultraviolet rays or a visible ray, and self-hold of the wavelength was able to be carried out with non-power. Therefore, it not only carries out adjustable, but compared with the conventional selection wavelength branching insertion circuit, it can stabilize the selection wavelength now with non-power using self-hold nature. Since this circuit uses grating waveguide for coincidence, it has the description of being simpler than the wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit which used the conventional array waveguide grid, and small.

[0069] [Example 6] The sixth example of this invention is shown in drawing 16 - drawing 17 . This example is an example applied to the wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit, and is the structure which sandwiched the two wavelength adjustable grating arm waveguide 12 with two 3dB couplers 9. The plan in which drawing 16 shows the structure of this circuit, and drawing 17 are the sectional views according to vertical profile line XVII-XVII to the arm waveguide 12.

[0070] one in drawing -- a silicon substrate and 2 -- a lower clad and 3 -- a core and 5 -- an up flank clad and 7 -- an incidence port and 8 -- for an outgoing radiation port and 11, as for grating arm waveguide and 13, an outgoing radiation port and 12 are [ an incidence port and 9 / 3dB coupler and 10 / a fluorination epoxy resin and 14 ] the heaters of chromium / golden vacuum evaporation.

[0071] Since change of the refractive index by heating of a heater 14 becomes large with the adjustment of the refractive index so that the temperature coefficient is large, the resin with which a slot is filled up is desirable. Although the temperature coefficient of the refractive index of a fluorination epoxy resin was  $\sim 3 \times 10^{-4}$ , resin with the temperature coefficient of the refractive index more than this and an EQC was also usable. For example, they are rubber-like EVA resin ( $\sim 3.3 \times 10^{-4}$ ), siloxane gel ( $\sim 3.5 \times 10^{-4}$ ), polyolefine system polyol ( $\sim 7 \times 10^{-4}$ ), etc.

[0072] The produced wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit operated in the 1.55-micrometer wavelength band, and although 0.75% of relative index differences of core diameter 6.5micrometerx6.5micrometer, a core, and a clad and the die length of the arm waveguide 12 were almost the same as what was shown in 10mm and an example 2, the bigger wavelength adjustable range was realizable by changing the refractive index of the macromolecule of a flank clad with an up clad.

[0073] When forming the up flank clad 5 of this circuit, the slot of this arm waveguide 12 puts a metal mask on the part used as a slot, makes a glass soot deposit, and it can be formed by vitrifying. The refractive-index difference produced the grating whose pitch is 0.53 micrometers by 0.001 to this arm waveguide 12 with 2 flux-of-light interference method using excimer laser (wavelength of 248nm). Spacing of the arm waveguide 12 is 100 micrometers. It was filled up with the fluorination epoxy resin 13 which contained the self-hold mold phot chromics material which adjusted the refractive index to this slot 10%.

[0074] Actuation of the produced wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit is as having been shown in the example 1. Both the transparency and return loss of grating wavelength  $\lambda_{\text{Bragg}}$  of the 3dB band of grating waveguide were 20dB or more in 0.3nm. Heating of the heater 14 installed on resin performed adjustable [ of grating wavelength  $\lambda_{\text{Bragg}}$  ]. Whenever [ stoving temperature / of a heater 14 ] was measured with the thermocouple placed on the heater 14. Incidence of the 10 Namita [ Shigenobu ] number from 1.5505 micrometers to 1.555 micrometers was carried out from the port 7 at intervals of [ of 0.5nm ] wavelength.

[0075] At this time, light with a wavelength of 1.5505 micrometers was observed from the port 8, and the lightwave signal with a wavelength of 1.551-1.555 micrometers was observed from the port 11. When the heater 14 was turned

on here and temperature was raised from 20 degrees C to 25 degrees C, 1.551-micrometer light was observed by the port 8 instead of light with a wavelength of 1.5505 micrometers, and the wavelength multiplexing light from which the light of wavelength with a wavelength of 1.551 micrometers escaped was observed by coincidence from the port 11. [0076] When carrying out incidence of the 1.551-micrometer signal from the port 10, with this temperature maintained, from the port 11, the wavelength multiple signal with which this 1.551-micrometer signal was added was observed. When temperature was furthermore raised, sequential part Kiwa length shifted to long wavelength, and branching wavelength became 1.555 micrometers in the place which became 60 degrees C.

[0077] Although the current needed to be passed although branching wavelength is kept constant, and temperature needed to be managed by the approach using this heater 14, an average change rate is less than one ms, and was suitable for the change of branching wavelength, or sweep actuation of branching wavelength at high speed. As mentioned above, compared with the conventional selection wavelength branching insertion circuit, it is simple, and is small, and the wavelength change of the high speed of one or less ms was completed.

[0078]

[Effect of the Invention] As mentioned above, if the wavelength adjustable grating waveguide of this invention is used as concretely explained based on the example, wavelength can produce easily the small wavelength filter and selection wavelength branching insertion circuit which can carry out adjustable. the thing using phot clo MIKKU photochemical reaction -- the wavelength adjustable -- and -- although it becomes the optical wavelength semipermanent type device in which self-hold actuation is possible and must continue passing the heater current for maintenance of branching wavelength by the thing using a thermo optic effect on the other hand -- several -- the wavelength change using the high-speed response of mS is possible. Thus, the advantage which can build economical and small the equipment for wave-length-multiple-telecommunication (WDM) methods and a system is born by using a wavelength good light variation device easy [ structure ] and small.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the plan showing the wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit using the grating waveguide concerning the first example of this invention (the wavelength adjustable grating waveguide of this example is constituted by the up clad by the grating produced by ultraviolet laser interference and the phot chromics material.).

[Drawing 2] It is a sectional view by profile line II-II in drawing 1 .

[Drawing 3] It is a sectional view by profile line III-III in drawing 1 .

[Drawing 4] It is the plan showing the wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit using the grating waveguide concerning the second example of this invention (the wavelength adjustable grating waveguide of this example is constituted by the grating produced by ultraviolet laser interference and the heater arranged in the upper part of an up clad.).

[Drawing 5] It is a sectional view by profile line V-V in drawing 4 .

[Drawing 6] It is a sectional view by profile line VI-VI in drawing 4 .

[Drawing 7] It is the graph which shows the relation between (degree C) and branching wavelength whenever [ heater stoving temperature / of the device of an example 2 ].

[Drawing 8] It is the plan showing the wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit using the grating waveguide concerning the third example of this invention (the wavelength adjustable grating waveguide of this example is constituted by the up clad by the grating produced by ETCHIINGU and phot clo MIKKU polymeric materials.).

[Drawing 9] It is a sectional view by profile line IX-IX in drawing 8 .

[Drawing 10] It is a sectional view by profile line X-X in drawing 8 .

[Drawing 11] It is the plan showing the wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit using the grating waveguide concerning the fourth example of this invention (the wavelength adjustable grating waveguide of this example is constituted by the grating produced by ETCHIINGU and the heater arranged in the upper part of

an up clad.).

[Drawing 12] It is a sectional view by profile line XII-XII in drawing 11 .

[Drawing 13] It is a sectional view by profile line XIII-XIII in drawing 11 .

[Drawing 14] It is the plan showing the wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit using the grating waveguide concerning the fifth example of this invention (the wavelength adjustable grating waveguide of this example is constituted by the up flank clad by the grating produced by ultraviolet laser interference and photo MIKKU polymeric materials.).

[Drawing 15] It is a sectional view by profile line XV-XV in drawing 14 .

[Drawing 16] It is the plan showing the wavelength adjustable selection wavelength branching insertion circuit using the grating waveguide concerning the sixth example of this invention (the wavelength adjustable grating waveguide of this example is constituted by the grating produced by ultraviolet laser, and the heater arranged in the upper part of an up flank clad.).

[Drawing 17] It is a sectional view by profile line XVII-XVII in drawing 16 .

[Description of Notations]

1 Silicon Substrate

2 Lower Clad

3 Core

4 Grating Using Refractive-Index Difference

5 Up Flank Clad

6 Fluorination Epoxy Resin Which Contained Self-hold Mold Phot Chromics Material 10%

7 Incidence Port

8 Incidence Port

9 3DB Coupler

10 Outgoing Radiation Port

11 Outgoing Radiation Port

12 Grating Arm Waveguide

13 Fluorination Epoxy Resin

14 Heater of Chromium / All Vacuum Evaporation

15 Grating Produced by ETCHING of Core

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-239645

(43)公開日 平成10年(1998) 9月11日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 F 1/01  
1/19

識別記号

F I

G 0 2 F 1/01  
1/19

C

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平9-41774

(22)出願日 平成9年(1997) 2月26日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 海老澤 文博

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72)発明者 助川 健

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72)発明者 吉田 卓史

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 光石 俊郎 (外2名)

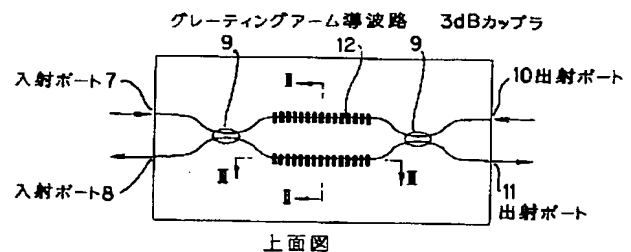
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 波長可変グレーティング導波路

(57)【要約】

【課題】 石英系グレーティング光導波路において、グレーティング導波路の実効屈折率をクラッド材料の光化学反応あるいは熱光学効果による屈折率変化を利用して可変することでグレーティング波長を変えることができるようにした波長可変グレーティング導波路を提供することにある。

【解決手段】 平面基板1上に形成された石英系のコア3、クラッド2、5構造を有し、且つ、コア3の一部にグレーティング4が形成されている光導波路において、該光導波路のコア3の上部に形成された溝に充填材6を配して、上部クラッドとすることを特徴とする。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 平面基板上に形成された石英系のコア、クラッド構造を有し、且つ、コアの一部にグレーティングが形成されている光導波路において、該光導波路のコアの上部に形成された溝に充填材を配して、上部クラッドとすることを特徴とする波長可変グレーティング導波路。

【請求項2】 請求項1において、該充填材が屈折率を可変、固定可能な屈折率自己保持型ホトクロミック化合物を含む有機化合物であることを特徴とする波長可変グレーティング導波路。

【請求項3】 請求項1において、該充填材として有機化合物を用い、該有機化合物の上部にヒーターを配する構造としたことを特徴とする波長可変グレーティング導波路。

【請求項4】 平面基板上に形成された石英系のコア、クラッド構造を有し、且つ、コアの一部にグレーティングが形成されている光導波路において、該光導波路のコアの上部及び側部が露出するように形成された溝に充填材を配して、上部側部クラッドとすることを特徴とする波長可変グレーティング導波路。

【請求項5】 請求項4において、該充填材が屈折率を可変、固定可能な屈折率自己保持型ホトクロミック化合物を含む有機化合物であることを特徴とする波長可変グレーティング導波路。

【請求項6】 請求項4において、該充填材として有機化合物を用い、該有機化合物の上部にヒーターを配する構造としたことを特徴とする波長可変グレーティング導波路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、オプトエレクトロニクス分野、光通信分野において使用される波長が可変できるグレーティング導波路に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】光波長分割多重(WDM)伝送技術においては多重化された光の特定の波長の選別が重要になってくる。この光波長分割多重では波長選別のためにグレーティングが形成された石英系光導波路が重要なキーデバイスの構成要素となる。この導波路は石英系材料を用いているため高安定性、低伝搬損失など優れた特性を持っている。

【0003】この導波路を利用すると小型で簡単な構造を持つ波長フィルター、共振器、選択波長分岐挿入回路などが作製できる。例えば、選択波長分岐挿入回路では2つの3dBカップラで挟まれた2本の等価なアームグレーティング導波路を持つマッハツェンダー干渉回路で構成されており、簡単な構成で性能を持っている(上塚尚登 他、電子通信学会 第9回光ファイバ応用技術研究会講演予稿集、ブラザでいご、沖縄、1996)。

【0004】上塚らの報告によるとこの選択波長分岐挿入回路は素子作製時のグレーティングの形成によってその波長は決定されるために選択波長は固定となる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は石英系グレーティング光導波路において、グレーティング導波路の実効屈折率をクラッド材料の光化学反応あるいは熱光学効果による屈折率変化を利用して可変することでグレーティング波長を変えることができるようにした波長可変グレーティング導波路を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は基板上に形成された石英系のコア、クラッド構造を有する完全埋め込み型のグレーティング光導波路において、コアの1面あるいは3面に近接、あるいは接する部分に有機高分子材料あるいは自己保持型ホトクロミック材料を含む高分子をクラッドとして用いることを最も主要な特徴とする。

【0007】従来の技術の石英系グレーティング導波路はすべてが石英ガラスで構成されており、導波路の実効屈折率が制御出来ないという欠点があった。この結果、グレーティング波長を任意に可変することができなかった。従来技術とは石英ガラスの上部あるいは上部側部クラッドの一部を有機高分子や自己保持型ホトクロミック材料を含む有機高分子に変え、これらの高分子の屈折率を変えることでグレーティング波長を制御できるようにした点が異なる。

【0008】〔作用〕一般にグレーティング波長 $\lambda_g$ は、次式で表される。

$$\lambda_g = 2 \times N_{eff} \times \Lambda \quad \dots (1)$$

ここで、 $N_{eff}$ は導波路の実効屈折率、 $\Lambda$ はグレーティングのピッチである。従来の技術で作製された石英系グレーティング導波路では実効屈折率 $N_{eff}$ もピッチ $\Lambda$ も変えることが出来ない。

【0009】何らかの手段で、実効屈折率 $N_{eff}$ かピッチ $\Lambda$ を変えることができれば、グレーティング波長 $\lambda_g$ を変えることができることになる。ここではグレーティング光導波路の実効屈折率を変えることでグレーティング波長 $\lambda_g$ を可変することとした。

【0010】実効屈折率は導波路を構成しているクラッドの屈折率を単一モード導波条件を維持するようにして変化させることで変えることができる。石英クラッドの一部を高分子に置き換え、この高分子の屈折率を変えれば、グレーティング波長を可変できるようになる。高分子の屈折率は電気光学効果など様々な効果で変えることができるが、ここでは高分子のホトクロミック光化学反応と高分子の温度変化による屈折率変化を利用した。

【0011】したがって、クラッドとして高分子を用い、これに温度変化を与えることにより、あるいはホトクロミック材料を含む高分子をクラッドとして紫外線、可視光線を照射することで波長可変グレーティング導波

路を実現することができる。

【0012】

【発明の実施の形態】

【実施例1】本発明の第一の実施例を図1～3に示す。本実施例は、波長可変選択波長分岐挿入回路に応用した例であり、2本の波長可変グレーティングアーム導波路12を2個の3dBカップラ9で挟んだ構造である。

【0013】図1はこの回路の構造を示す上面図、図2はアーム導波路12に垂直方向の断面線II-IIによる断面図、図3は1本のアーム導波路12に平行方向の断面線III-IIIによる断面図である。

【0014】図中、1はシリコン基板、2は下部クラッド、3はコア、4は屈折率差を用いたグレーティング、5は上部側部クラッド、6は自己保持型ホトクロミック材料を10%含有したフッ素化エポキシ樹脂、7は入射ポート、8は入射ポート、9は3dBカップラ、10は出射ポート、11は出射ポート、12はグレーティングアーム導波路である。

【0015】自己保持型ホトクロミック材料として、フルギド型ホトクロミック化合物、ジアリルエテン系ホトクロミック化合物があるが、ここでは後者の代表的な化合物である1,2ビス(2メチルベンゾ(b)チオフェン3イル)パーフルオロシクロアルケン(英語名:1,2-Bis[2-Methylbenzo[b]thiophen-3-yl]perfluorocycloalkene)を用いた。

【0016】作製した波長可変選択波長分岐挿入回路は1.55μmの波長帯域で動作し、コア径6.5μm×6.5μm、コアとクラッドの屈折率差0.75%、アーム導波路の長さ10mmである。このアーム導波路に屈折率差が0.001でピッチが0.53μmのグレーティングをエキシマレーザ(波長248nm)で作製した。

【0017】アーム導波路12の間隔は100μmであり、この2本のアーム導波路12の上に幅200μm、長さ8mmで深さがコア3の直上までの深さの溝を反応性イオンエッチングで削り、この溝に屈折率を1.444に調整した自己保持型ホトクロミック材料を10%含有したフッ素化エポキシ樹脂6を充填した。

【0018】作製した波長可変選択波長分岐挿入回路を動作するには入射ポート7に1.55μmの波長帯において波長 $\lambda_1$ から波長 $\lambda_n$ のn波長多重化されたレーザー光を入射させる。すると、ポート8からグレーティング波長 $\lambda_1$ に相当する波長 $\lambda_1$ を取り出すことができ、波長 $\lambda_1$ を分岐することができる。ポート11からは $\lambda_1$ の信号が取り除かれた残りの波長多重光 $\lambda_2 \sim \lambda_n$ を取り出すことができる。

【0019】また、ポート10から取り除かれた $\lambda_1$ の光を入射すれば、ポート11には $\lambda_2 \sim \lambda_n$ に $\lambda_1$ を付加した $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の波長多重信号を取り出すことができる。このように、ブラッグ波長に相当する波長を選択的に分

岐、挿入ができるのでファイバ伝送中の波長多重光信号から決められた波長の信号を取り出したり、付け加えることができる。グレーティング導波路の3dBの帯域は0.3nmであり、グレーティング波長 $\lambda_0$ の透過および反射減衰量はともに20dB以上であった。

【0020】グレーティング波長 $\lambda_0$ の可変は次のように行った。両アーム導波路12の直上に直径1mm程度、長さ10mmの小型キセノンフラッシュランプを2本アーム導波路12に平行に配置した。このランプの1本は紫外線カットフィルターを装着し、もう一本には可視カットフィルターを装着してある。それぞれのカットフィルターの波長は500nmに設定した。

【0021】小型キセノンフラッシュランプの駆動装置を準備して、紫外線と可視光線のパルスのアーム導波路上部に充填した自己保持型ホトクロミック材料を10%含有したフッ素化エポキシ樹脂6に照射できるようにした。

【0022】波長間隔0.5nmで1.5505μmから1.553μmまでの6波長多重信号をポート7から入射させた。この時、ポート8からは波長1.5505μmの光が観測され、ポート11からは波長1.551～1.553μmの光信号が観測された。ここで可視カットフィルターを装着した小型キセノンフラッシュランプの駆動装置の電源を入れ、紫外線フラッシュ光を5回点滅させたところ、ポート8には波長1.5505μmの光に代わって1.551μmの光が観測され、同時にポート11からは波長1.551μmの波長の光が抜けた波長多重信号光が観測された。

【0023】そして、その状態は自己保持安定化された。紫外線フラッシュ光の点滅回数を増やして、ポート8の分岐波長を1.53μmまで順次変化させることができた。どの波長でもその選択波長は維持され、長期間の自己保持安定性が保たれた。

【0024】今度は逆に分岐波長を短くするために、紫外カットフィルターを装着した小型キセノンフラッシュランプの駆動装置の電源を入れ、可視のフラッシュ光を2回点滅させたところ、ポート8には波長1.553μmの光に代わって1.5525μmの光が観測され、同時にポート11からは波長1.5525μmの波長の光が抜けた波長多重信号光が観測された。可視のフラッシュ光の点滅回数を増やすことで分岐波長は順次短波長に移動し、最終的に1.5505μmの分岐波長が観測された。この分岐波長でも同様に長期的な自己保持安定性があった。

【0025】このように紫外線あるいは可視光線のフラッシュ光を一定の点滅回数だけ点滅させることで任意の分岐波長を可変でき、またその選択波長を無電力で自己保持することができた。以上のことは分岐波長と同時に、ポート10から入射する挿入波長についても同じことであった。

【0026】以上のように、従来の選択波長分岐挿入回路に比べて、その選択波長を可変するだけでなく、自己保持性を利用して無電力で安定化できるようになった。同時にこの回路はグレーティング導波路を用いているために、従来のアレー導波路格子を用いた波長可変選択波長分岐挿入回路よりも単純で小型であるという特徴を備えている。

【0027】〔実施例2〕本発明の第二の実施例を図4～6に示す。本実施例は、波長可変選択波長分岐挿入回路に応用した例であり、2本の波長可変グレーティングアーム導波路12を2個の3dBカップラ9で挟んだ構造である。

【0028】図4はこの回路の構造を示す上面図、図5はアーム導波路12に垂直方向の断面線V-Vによる断面図、図6は1本のアーム導波路12に平行方向の断面線VI-VIによる断面図である。

【0029】図中、1はシリコン基板、2は下部クラッド、3はコア、4は屈折率差を用いたグレーティング、5は上部側部クラッド、7は入射ポート、8は入射ポート、9は3dBカップラ、10は出射ポート、11は出射ポート、12はグレーティングアーム導波路、13はフッ素化エポキシ樹脂、14はクロム/金蒸着のヒーターである。

【0030】溝に充填する樹脂はその屈折率の整合性ととともにその温度係数が大きいほど、ヒーター14の加熱による屈折率の変化が大きくなるために好ましい。フッ素化エポキシ樹脂13の屈折率の温度係数は $-3 \times 10^{-4}$ であるが、これと同等以上の屈折率の温度係数を持つ樹脂も使用可能であった。

【0031】例えば、ゴム状EVA樹脂( $-3.3 \times 10^{-4}$ )、シロキサンゲル( $-3.5 \times 10^{-4}$ )、ポリオレフィン系ポリオール( $-7 \times 10^{-4}$ )などである。作製した波長可変選択波長分岐挿入回路は1.55μmの波長帯域で動作し、コア径6.5μm×6.5μm、コアとクラッドの比屈折率差0.75%、アーム導波路12の長さは10mmである。このアーム導波路12に屈折率差が0.001でピッチが0.53μmのグレーティングをエキシマレーザ(波長248nm)で作製した。

【0032】アーム導波路12の間隔は100μmであり、この2本のアーム導波路12の上に幅200μm、長さ8mmで深さがコア直上までの深さの溝を反応性イオンエッチングで削り、この溝に屈折率を1.444に調整したフッ素化エポキシ樹脂13を充填した。作製した波長可変選択波長分岐挿入回路の動作は実施例1に示した通りである。

【0033】グレーティング導波路の3dBの帯域は0.3nmでグレーティング波長λ<sub>g</sub>の透過および反射減衰量はともに20dB以上であった。グレーティング波長λ<sub>g</sub>の可変は樹脂13上に設置されたヒーター14

の加熱により行った。ヒーター14の加熱温度はヒーター14の上に置かれた熱電対により測定した。波長間隔0.5nmで1.5505μmから1.553μmまでの6波長多重信号をポート7から入射させた。この時、ポート8からは波長1.5505μmの光が出射され、ポート11からは波長1.551～1.553μmの光信号が観測された。

【0034】ここでヒーター14の電源を入れ、温度を20℃から35℃まで上昇させたところ、ポート8には波長1.5505μmの光に代わって1.551μmの光が出射され、同時にポート11からは波長1.551μmの波長の光が欠落した波長多重光が観測された。ポート10より1.551μmの光を入射させると、ポート11には1.551μmの光が付加された波長多重信号が観測された。さらに温度を上昇させ、60℃になったところで分岐波長は1.553μmとなり、ポート8には1.553μmの光が出射された。

【0035】ヒーター14の加熱温度(℃)と分岐波長の観測結果を図7に示した。このヒーター14を用いた方法では分岐波長を一定に保つのに電流を流して、温度を一定に保つ必要がある。平均の切り替え速度は1ミリ秒以内であり、高速で分岐波長の切り替えあるいは分岐波長の掃引操作に適している。以上のように、従来の選択波長分岐挿入回路に比べて、単純で小型であり、1ミリ秒以下の高速の分岐波長切り替えができた。

【0036】〔実施例3〕本発明の第三の実施例を図8～図10に示す。本実施例は、波長可変選択波長分岐挿入回路に応用した例であり、2本の波長可変グレーティングアーム導波路12を2個の3dBカップラ9で挟んだ構造である。

【0037】図8はこの回路の構造を示す上面図、図9はアーム導波路12に垂直方向の断面線IX-IXによる断面図、図10は1本のアーム導波路12に平行方向の断面線X-Xによる断面図である。

【0038】図中、1はシリコン基板、2は下部クラッド、3はコア、5は上部側部クラッド、6は自己保持型ホトクロミック材料を10%含有したフッ素化エポキシ樹脂、7は入射ポート、8は入射ポート、9は3dBカップラ、10は出射ポート、11は出射ポート、12はグレーティングアーム導波路、15はコアのエッチングにより作製したグレーティングである。

【0039】自己保持型ホトクロミック材料として、フルギド型ホトクロミック化合物、ジアリルエテン系ホトクロミック化合物があるが、ここでは後者の代表的な化合物1、2ビス(2メチルベンゾ(b)チオフェン3イル)パーフルオロシクロアルケン(英語名:1,2-Bis[2-Methylbenzo[b]thiophen-3-yl]perfluorocycloalkene)を用いた。

【0040】作製した波長可変選択波長分岐挿入回路は1.55μmの波長帯域で動作し、コア径4μm×3μ



m、コアとクラッドの比屈折率差1.0%、アーム導波路12の長さ1mmである。回路の上部クラッドを一度反応性イオンエッチングでコア3の上部まで削った後にアーム導波路部分にレジストを干渉露光して、反応性イオンエッチングでピッチが0.5 $\mu$ mの物理的なグレーティング15を形成した。このグレーティング部分を残して、上部クラッドを再作製した。次に残したグレーティング部分にホトクロミック材料を10%含有したフッ素化エポキシ樹脂6を充填した。

【0041】作製した波長可変選択波長分岐挿入回路の動作は実施例1に示した通りである。グレーティング導波路の3dBの帯域は0.3nmでグレーティング波長 $\lambda_g$ の透過および反射減衰量はともに20dB以上であった。

【0042】グレーティング波長 $\lambda_g$ の可変は実施例1と同様に両アーム導波路12の直上に直径1mm程度、長さ15mmの小型キセノンフラッシュランプを2本アーム導波路12に平行に配置し、これを点滅させて行った。波長間隔0.5nmで1.5505 $\mu$ mから1.53 $\mu$ mまでの6波長多重信号をポート7から入射させた。この時、ポート8からは波長1.5505 $\mu$ mの光が観測され、ポート11からは波長1.551~1.553 $\mu$ mの光信号が観測された。

【0043】ここで可視カットフィルターを装着した小型キセノンフラッシュランプの駆動装置の電源を入れ、紫外線フラッシュ光を4回点滅させたところ、ポート8には波長1.505 $\mu$ mの光に代わって1.551 $\mu$ mの光が観測され、同時にポート11からは波長1.551 $\mu$ mの波長の光が抜けた波長多重光が観測された。そして、その状態は無電力で自己保持安定化された。続けて、分岐、挿入波長を変えるために紫外線フラッシュ光の点滅回数を増やして、ポート8からの分岐波長を順次1.553 $\mu$ mまで変化させることができた。各波長でもその状態は維持され、長期間の自己保持安定性が確認された。

【0044】今度は逆に分岐波長を短波長にシフトさせるために、紫外カットフィルターを装着した小型キセノンフラッシュランプの駆動装置の電源を入れ、可視のフラッシュ光を2回点滅させたところ、ポート8には波長1.553 $\mu$ mの光に代わって1.5525 $\mu$ mの分岐光が観測され、同時にポート11からは波長1.5525 $\mu$ mの波長の光が抜けた波長多重光が観測された。可視のフラッシュ光の点滅回数を増やすことで分岐波長は順次短波長に移動し、最終的に1.5505 $\mu$ mの分岐波長が出射された。

【0045】このように紫外線あるいは可視光線のフラッシュ光を一定の点滅回数だけ点滅させることで任意の分岐波長を可変でき、またその波長を無電力で自己保持することができた。以上のように、従来の選択波長分岐挿入回路に比べて、その選択波長を可変するだけでな

く、自己保持性を利用して無電力で安定化できるようになった。同時にこの回路はグレーティング導波路を用いているために、従来のアレー導波路格子を用いた波長可変選択波長分岐挿入回路よりも単純で小型であるという特徴を備えている。

【0046】〔実施例4〕本発明の第四の実施例を図11~図13に示す。本実施例は、波長可変選択波長分岐挿入回路に応用した例であり、2本の波長可変グレーティングアーム導波路12を2個の3dBカップラ9で挟んだ構造である。

【0047】図11はこの回路の構造を示す上面図、図12はアーム導波路12に垂直方向の断面線XII-XIIによる断面図、図13は1本のアーム導波路12に平行方向の断面線XIII-XIIIによる断面図である。

【0048】図中、1はシリコン基板、2は下部クラッド、3はコア、5は上部側部クラッド、7は入射ポート、8は入射ポート、9は3dBカップラ、10は出射ポート、11は出射ポート、12はグレーティングアーム導波路、13はフッ素化エポキシ樹脂、14はクロム/金蒸着のヒーター、15はコアのエッチングにより作製したグレーティングである。

【0049】この構造は実施例2で示したものと同一原理で動作し、異なる点はグレーティングアーム導波路12の構造である。実施例2では紫外線照射により石英ガラスの屈折率がわずかに大きくなる現象を用いて、これでグレーティングを形成したが、本実施例では直接コアにエッチングにより物理的なグレーティング15を形成している。溝に充填する樹脂はその屈折率の整合性ととともにその温度係数が大きいほど、ヒーター14の加熱による屈折率の変化が大きくなるために好ましい。

【0050】フッ素化エポキシ樹脂13の屈折率の温度係数は $-3 \times 10^{-4}$ であるが、これと同等以上の屈折率の温度係数を持つ樹脂も使用可能であった。例えば、ゴム状EVA樹脂( $-3.3 \times 10^{-4}$ )、シロキサゲル( $-3.5 \times 10^{-4}$ )、ポリオレフィン系ポリオール( $-7 \times 10^{-4}$ )などである。

【0051】作製した波長可変選択波長分岐挿入回路は1.55 $\mu$ mの波長帯域で動作し、コア径6.5 $\mu$ m $\times$ 6.5 $\mu$ m、コアとクラッドの比屈折率差0.75%、アーム導波路12の長さは10mmである。

【0052】回路の上部クラッドを一度反応性イオンエッチングでコア直上部まで削った後にアーム導波路部分にレジストを干渉露光して、反応性イオンエッチングでピッチが0.5 $\mu$ mの物理的なグレーティングを形成した。このグレーティング部分を残して、上部クラッドを再作製した。この時にアーム導波路上部に金属マスクを置いて、部分的な溝を形成し、ここに屈折率を調整したフッ素化エポキシ樹脂13を充填した。

【0053】作製した波長可変選択波長分岐挿入回路の動作は実施例1に示した通りである。グレーティング導

波路の3 dBの帯域は0.3 nmでグレーティング波長 $\lambda_g$ の透過および反射減衰量はともに20 dB以上であった。グレーティング波長 $\lambda_g$ の可変は樹脂上に設置されたヒーター14の加熱により行った。ヒーター14の加熱温度はヒーター14の上に置かれた熱電対により測定した。波長間隔0.5 nmで1.5505  $\mu$ mから1.53  $\mu$ mまでの6波多重信号をポート7から入射させた。

【0054】この時、ポート8からは波長1.5505  $\mu$ mの光が観測され、ポート11からは波長1.551  $\mu$ mの光信号が観測された。ここでヒーター14の電源を入れ、温度を20℃から40℃まで上昇させたところ、ポート8には波長1.5505  $\mu$ mの光に代わって1.551  $\mu$ mの光が観測され、同時にポート11からは波長1.551  $\mu$ mの波長の光が欠落した波長多重光が観測された。

【0055】この温度でポート10に波長1.551  $\mu$ mの光信号を入射させるとポート11からはこの1.551  $\mu$ mの信号が付加された波長多重信号が観測された。さらに温度を上昇させるにしたがって順次分岐波長は長波長にシフトして行った。70℃になったところで分岐波長は1.553  $\mu$ mとなった。

【0056】このヒーター14を用いた方法では分岐波長を一定に保つのに電流を流して、温度を一定にする必要があるが、平均の切り替え速度は1ミリ秒以内であり、高速で分岐波長の切り替えあるいは分岐波長の掃引操作に適していた。以上のように、従来の選択波長分岐挿入回路に比べて、単純で小型であり、1ミリ秒以下の高速の分岐波長切り替えができた。

【0057】〔実施例5〕本発明の第五の実施例を図14～図15に示す。本実施例は、波長可変選択波長分岐挿入回路に応用した例であり、2本の波長可変グレーティングアーム導波路12を2個の3 dBカップラ9で挟んだ構造である。

【0058】図14はこの回路の構造を示す上面図、図15はアーム導波路12に垂直方向の断面線XV-XVによる断面図である。

【0059】図中、1はシリコン基板、2は下部クラッド、3はコア、5は上部側部クラッド、6は自己保持型ホトクロミック材料を10%含有したフッ素化エポキシ樹脂、7は入射ポート、8は入射ポート、9は3 dBカップラ、10は出射ポート、11は出射ポート、12はグレーティングアーム導波路である。

【0060】自己保持型ホトクロミック材料として、フルギド型ホトクロミック化合物、ジアリルエテン系ホトクロミック化合物があるが、ここでは後者の代表的な化合物1、2ビス(2メチルベンゾ(b)チオフェン-3-yl)パーフルオロシクロアルケン(英語名:1,2-Bis[2-methylbenzo[b]thiophen-3-yl]perfluorocycloalkene)を用いた。

【0061】作製した波長可変選択波長分岐挿入回路は1.55  $\mu$ mの波長帯域で動作し、コア径6.5  $\mu$ m×6.5  $\mu$ m、コアとクラッドの比屈折率差0.75%、アーム導波路12の長さ10 mmと実施例1と同じであるが、その断面構造が異なる。この構造は上部クラッドだけでなく、側部クラッドの屈折率可変構造になるために実施例1の上部クラッドだけに比べて可変の割合が大きくなるという特徴を持っている。このアーム導波路12の溝はこの回路の上部側部クラッド5を形成する時に溝となる部分に金属マスクを置いてガラススートを堆積させ、ガラス化することで形成できる。

【0062】このアーム導波路12に屈折率差が0.001でピッチが0.53  $\mu$ mのグレーティングをエキシマレーザ(波長248 nm)を用いた2光束干渉法で作製した。アーム導波路12の間隔は100  $\mu$ mである。この溝に屈折率を調整した自己保持型ホトクロミック材料を10%含有したフッ素化エポキシ樹脂6を充填した。作製した波長可変選択波長分岐挿入回路の動作は実施例1に示した通りである。グレーティング導波路の3 dBの帯域は0.3 nmでグレーティング波長 $\lambda_g$ の透過および反射減衰量はともに20 dB以上であった。

【0063】グレーティング波長 $\lambda_g$ の可変は次のように行った。両アーム導波路直上に直径1 mm程度、長さ15 mmの小型キセノンフラッシュランプを2本アーム導波路12に平行に配置した。このランプの1本は紫外線カットフィルターを装着し、もう一本には可視カットフィルターを装着してある。

【0064】それぞれのカットフィルターの波長は500 nmに設定した。小型キセノンフラッシュランプの駆動装置を準備して、紫外線と可視光線のパルスを一アーム導波路上部に充填した自己保持型ホトクロミック材料を10%含有したフッ素化エポキシ樹脂6に照射できるようにした。

【0065】波長間隔0.5 nmで1.5505  $\mu$ mから1.555  $\mu$ mまでの10波多重信号をポート7から入射させた。この時、ポート8からは波長1.5505  $\mu$ mの光が観測され、ポート11からは波長1.551  $\mu$ mの光信号が観測された。ここで可視カットフィルターを装着した小型キセノンフラッシュランプの駆動装置の電源を入れ、紫外線フラッシュ光を4回点滅させたところ、ポート8には波長1.5505  $\mu$ mの光に代わって1.551  $\mu$ mの光が観測され、同時にポート11からは波長1.551  $\mu$ mの波長の光が抜けた波長多重光が観測された。ポート10から1.51  $\mu$ mの光を入射させるとポート11にはこの1.551  $\mu$ mの信号が付加された波長多重信号が観測された。

【0066】この分岐、挿入波長は無電力で保持された。紫外線フラッシュ光の点滅回数をさらに増やして、ポート8からの分岐波長を順次1.555  $\mu$ mまで変化させることができた。各波長で分岐、挿入波長は維持さ

れ、長期間の自己保持安定性が保たれた。

【0067】今度は逆に分岐波長を短波長にするために、紫外カットフィルターを装着した小型キセノンフラッシュランプの駆動装置の電源を入れ、可視のフラッシュ光を2回点滅させた。ポート8には波長1.555 $\mu$ mの光に代わって1.5545 $\mu$ mの光が観測され、同時にポート11からは波長1.5545 $\mu$ mの波長の光が抜けた波長多重光が観測された。可視のフラッシュ光の点滅回数を増やすことで分岐波長は順次短波長に移動し、最終的に1.5505 $\mu$ mの分岐波長が観測され、各分岐波長で長期間の自己保持安定性が認められた。

【0068】このように紫外線あるいは可視光線のフラッシュ光を一定の点滅回数だけ点滅させることで任意の分岐波長を可変でき、またその波長を無電力で自己保持することができた。従って、従来の選択波長分岐挿入回路に比べて、その選択波長を可変するだけでなく、自己保持性を利用して無電力で安定化できるようになった。同時にこの回路はグレーティング導波路を用いているために、従来のアレー導波路格子を用いた波長可変選択波長分岐挿入回路よりも単純で小型であるという特徴を備えている。

【0069】〔実施例6〕本発明の第六の実施例を図16～図17に示す。本実施例は、波長可変選択波長分岐挿入回路に応用した例であり、2本の波長可変グレーティングアーム導波路12を2個の3dBカップラ9で挟んだ構造である。図16はこの回路の構造を示す上面図、図17はアーム導波路12に垂直方向の断面線XVII-XVIIによる断面図である。

【0070】図中の1はシリコン基板、2は下部クラッド、3はコア、5は上部側部クラッド、7は入射ポート、8は入射ポート、9は3dBカップラ、10は出射ポート、11は出射ポート、12はグレーティングアーム導波路、13はフッ素化エポキシ樹脂、14はクロム/金蒸着のヒーターである。

【0071】溝に充填する樹脂はその屈折率の整合性とともにもその温度係数が大きいほど、ヒーター14の加熱による屈折率の変化が大きくなるために好ましい。フッ素化エポキシ樹脂の屈折率の温度係数は $-3 \times 10^{-4}$ であるが、これと同等以上の屈折率の温度係数を持つ樹脂も使用可能であった。例えば、ゴム状EVA樹脂( $-3.3 \times 10^{-4}$ )、シロキサンゲル( $-3.5 \times 10^{-4}$ )、ポリオレフィン系ポリオール( $-7 \times 10^{-4}$ )などである。

【0072】作製した波長可変選択波長分岐挿入回路は1.55 $\mu$ mの波長帯域で動作し、コア径6.5 $\mu$ m $\times$ 6.5 $\mu$ m、コアとクラッドの屈折率差0.75%、アーム導波路12の長さは10mmと実施例2に示したものとほとんど同じであるが、上部クラッドとともに側部クラッドの高分子の屈折率を変えることでより大きな

波長可変範囲を実現できた。

【0073】このアーム導波路12の溝はこの回路の上部側部クラッド5を形成する時に溝となる部分に金属マスクを置いてガラススートを堆積させ、ガラス化することで形成できる。このアーム導波路12に屈折率差が0.001でピッチが0.53 $\mu$ mのグレーティングをエキシマレーザ(波長248nm)を用いた2光束干渉法で作製した。アーム導波路12の間隔は100 $\mu$ mである。この溝に屈折率を調整した自己保持型ホトクロミック材料を10%含有したフッ素化エポキシ樹脂13を充填した。

【0074】作製した波長可変選択波長分岐挿入回路の動作は実施例1に示した通りである。グレーティング導波路の3dBの帯域は0.3nmでグレーティング波長 $\lambda_g$ の透過および反射減衰量はともに20dB以上であった。グレーティング波長 $\lambda_g$ の可変は樹脂上に設置されたヒーター14の加熱により行った。ヒーター14の加熱温度はヒーター14の上に置かれた熱電対により測定した。波長間隔0.5nmで1.5505 $\mu$ mから1.555 $\mu$ mまでの10波多重信号をポート7から入射させた。

【0075】この時、ポート8からは波長1.5505 $\mu$ mの光が観測され、ポート11からは波長1.551～1.555 $\mu$ mの光信号が観測された。ここでヒーター14の電源を入れ、温度を20℃から25℃まで上昇させたところ、ポート8には波長1.5505 $\mu$ mの光に代わって1.551 $\mu$ mの光が観測され、同時にポート11からは波長1.551 $\mu$ mの波長の光が抜けた波長多重光が観測された。

【0076】この温度を維持したまま、ポート10から1.551 $\mu$ mの信号を入射させたところ、ポート11からはこの1.551 $\mu$ mの信号が付加された波長多重信号が観測された。さらに温度を上昇させると順次分岐波長は長波長にシフトし、60℃になったところで分岐波長は1.555 $\mu$ mとなった。

【0077】このヒーター14を用いた方法では分岐波長を一定に保つのに電流を流して、温度を管理する必要があるが、平均の切り替え速度は1ミリ秒以内であり、高速で分岐波長の切り替えあるいは分岐波長の掃引操作に適していた。以上のように、従来の選択波長分岐挿入回路に比べて、単純で小型であり、1ミリ秒以下の高速の波長切り替えができた。

【0078】

【発明の効果】以上、実施例に基づいて具体的に説明したように、本発明の波長可変グレーティング導波路を用いれば、波長が可変できる小型の波長フィルターや選択波長分岐挿入回路を容易に作製できる。ホトクロミック光化学反応を用いたものでは、波長可変でかつ自己保持動作が可能な波長半固定タイプの光デバイスとなり、一方、熱光学効果を用いたものでは分岐波長の維持にはヒ

ーター電流を流し続けなければならないが、数mSの高速応答を利用した波長切り替えが可能である。このように構造が簡単で小型の波長可変光デバイスを用いることにより経済的で小型の波長多重通信(WDM)方式用装置やシステムを構築できる利点が生まれる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施例に係るグレーティング導波路を用いた波長可変選択波長分岐挿入回路を示す上面図である(本実施例の波長可変グレーティング導波路は紫外線レーザー干渉により作製されたグレーティングとホトクロミック高分子材料による上部クラッドにより構成されている。)。

【図2】図1中の断面線II-IIによる断面図である。

【図3】図1中の断面線III-IIIによる断面図である。

【図4】本発明の第二の実施例に係るグレーティング導波路を用いた波長可変選択波長分岐挿入回路を示す上面図である(本実施例の波長可変グレーティング導波路は紫外線レーザー干渉により作製されたグレーティングと上部クラッドの上部に配置したヒーターにより構成されている。)。

【図5】図4中の断面線V-Vによる断面図である。

【図6】図4中の断面線VI-VIによる断面図である。

【図7】実施例2のデバイスのヒーター加熱温度(°C)と分岐波長の関係を示すグラフである。

【図8】本発明の第三の実施例に係るグレーティング導波路を用いた波長可変選択波長分岐挿入回路を示す上面図である(本実施例の波長可変グレーティング導波路はエッチングにより作製されたグレーティングとホトクロミック高分子材料による上部クラッドにより構成されている。)。

【図9】図8中の断面線IX-IXによる断面図である。

【図10】図8中の断面線X-Xによる断面図である。

【図11】本発明の第四の実施例に係るグレーティング導波路を用いた波長可変選択波長分岐挿入回路を示す上面図である(本実施例の波長可変グレーティング導波路はエッチングにより作製されたグレーティングと上部クラッドの上部に配置したヒーターにより構成されている。)。

\*

\*【図12】図11中の断面線XII-XIIによる断面図である。

【図13】図11中の断面線XIII-XIIIによる断面図である。

【図14】本発明の第五の実施例に係るグレーティング導波路を用いた波長可変選択波長分岐挿入回路を示す上面図である(本実施例の波長可変グレーティング導波路は紫外線レーザー干渉により作製されたグレーティングとホトクロミック高分子材料による上部側部クラッドにより構成されている。)。

【図15】図14中の断面線XV-XVによる断面図である。

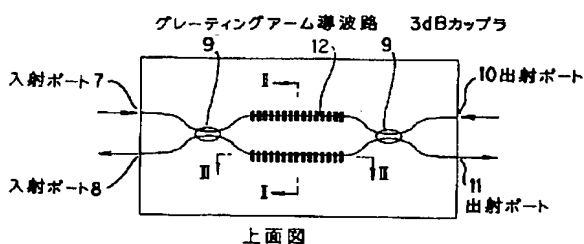
【図16】本発明の第六の実施例に係るグレーティング導波路を用いた波長可変選択波長分岐挿入回路を示す上面図である(本実施例の波長可変グレーティング導波路は紫外線レーザーにより作製されたグレーティングと上部側部クラッドの上部に配置したヒーターにより構成されている。)。

【図17】図16中の断面線XVII-XVIIによる断面図である。

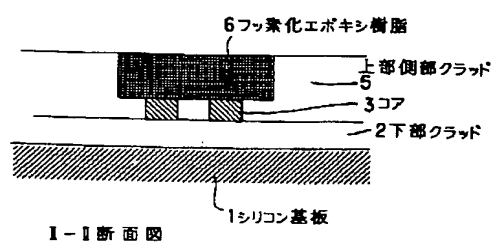
#### 【符号の説明】

- 1 シリコン基板
- 2 下部クラッド
- 3 コア
- 4 屈折率差を用いたグレーティング
- 5 上部側部クラッド
- 6 自己保持型ホトクロミック材料を10%含有したフッ素化エポキシ樹脂
- 7 入射ポート
- 8 入射ポート
- 9 3dBカップラ
- 10 出射ポート
- 11 出射ポート
- 12 グレーティングアーム導波路
- 13 フッ素化エポキシ樹脂
- 14 クロム/全蒸着のヒーター
- 15 コアのエッチングにより作製したグレーティング

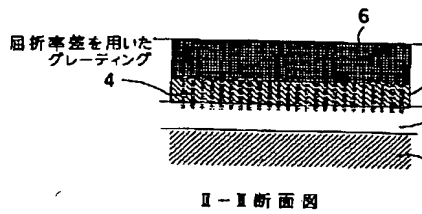
【図1】



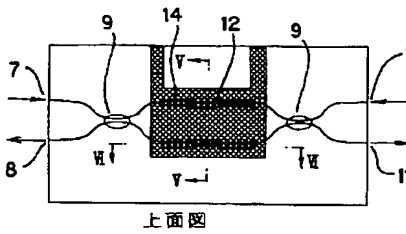
【図2】



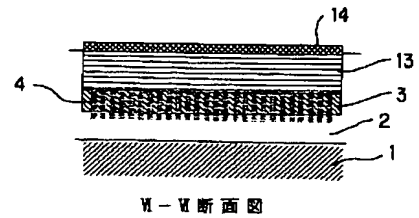
【図3】



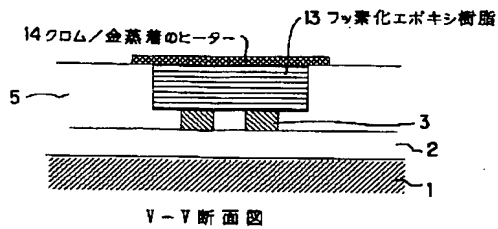
【図4】



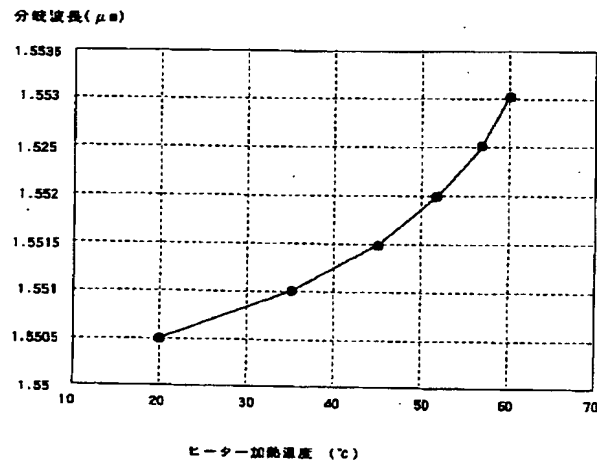
【図6】



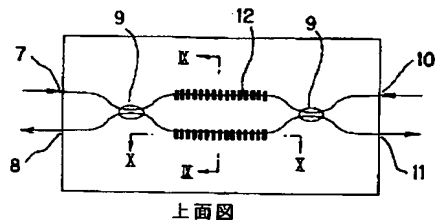
【図5】



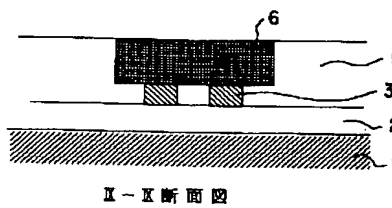
【図7】



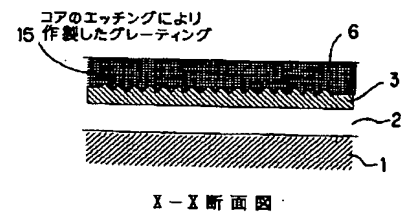
【図8】



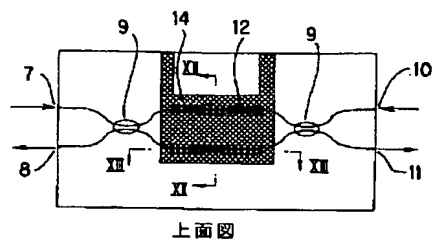
【図9】



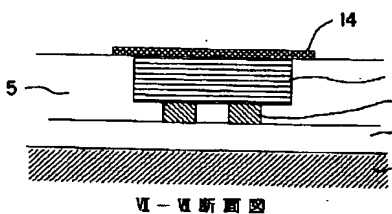
【図10】



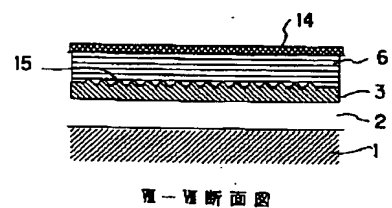
【図11】



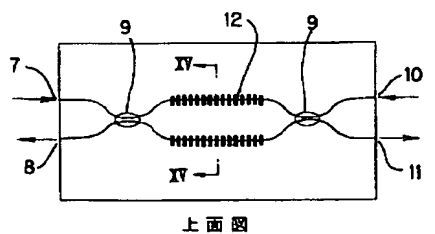
【図12】



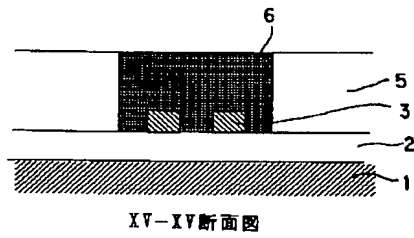
【図13】



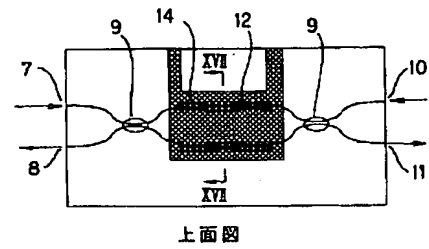
【図14】



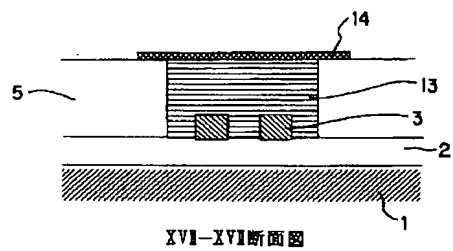
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(72)発明者 有島 功一  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内  
(72)発明者 坂口 茂樹  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72)発明者 岡本 勝就  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内  
(72)発明者 星野 光利  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内